

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2017.07.037

基于CT图像技术的三黄鸡胴体物理特征分析

陈坤杰 刘浩鲁 於海明 张大成
(南京农业大学工学院, 南京 210031)

摘要: 选择7只50日龄、屠体质量在1.741~2.508 kg之间的三黄鸡为试验对象,测量其体尺参数、全净膛质量、主要内脏器官质量及内脏总质量,分析这些参数随屠体质量的变化关系。利用螺旋CT机采集样本的CT断层扫描图像,根据样本的横纵切面图像,分别分析确定心脏、肺脏、肌胃和肾脏等主要脏器的相对位置,并估算出内脏腔体的尺寸及净膛切口的位置和尺寸。试验结果显示,随着三黄鸡胴体屠体质量的增加,胸深和胫长逐步增大,而体斜长、胸宽和胫围则显著的线性增加($P<0.01$)。心脏、肺脏、肌胃和肾脏的质量也随屠体质量的增加而呈增大趋势,且具有一定的相关性。另外,根据胴体的横纵CT图像,可以清楚地确定心脏、肺脏、肌胃和肾脏的相对位置;对屠体质量分布为1.741~2.508 kg的三黄鸡样本,估算出腔体尺寸为:内脏腔体长度(15.560 ± 0.540) cm,最大宽度(7.722 ± 0.253) cm,最大净膛开口尺寸(4.783 ± 0.467) cm。

关键词: 三黄鸡; 净膛; 物理特性; CT图像

中图分类号: S831.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2017)07-0294-07

Analysis on Physical Characteristics of Sanhuang Chicken Carcasses Based on CT Image Technology

CHEN Kunjie LIU Haolu YU Haiming ZHANG Dacheng
(College of Engineering, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210031, China)

Abstract: Seven Sanhuang chicken carcasses, which were 50 d old and the carcasses weight was in the range of 1.741 ~ 2.508 kg, were selected as experimental samples. Their body size parameters, eviscerated weight, main organs weight and viscera weight were measured and then the relationships of these parameters with the carcass weight were analyzed and investigated. After the sample's cross-sectional images were captured by using a spiral CT machine, the relative positions of heart, lung, stomach, kidney and other major viscera were observed and in the same time, the visceral cavity size and the position and size of the eviscerated incision were estimated according to these images. Experiment results showed that their breast depth and shank length were gradually increased with the raise of carcass weight of Sanhuang chicken. Furthermore, the body length, breast width and shank circumference were significantly increased ($P<0.01$) linearly as the carcass weight was increased. The weight of heart, lung, stomach muscle and kidney also showed a trend of increase with the rise in carcass weight, which had certain relevance. In addition, the relative position of the heart, lung, muscle stomach and kidney could be clearly determined based on the horizontal and vertical cross-sectional CT images of carcass; for the Sanhuang chicken samples with carcass weight distribution of 1.741 ~ 2.508 kg. The estimated cavity size was (15.560 ± 0.540) cm long, (7.722 ± 0.253) cm wide, and the maximum incision length was (4.783 ± 0.467) cm.

Key words: Sanhuang chicken; eviscerating; physical characteristics; CT image

引言

我国肉类消费稳步增长,其中,家禽肉类消费

年增长率为5%~10%,已成为中国第二大肉类消费品^[1-2]。三黄鸡因外貌“三黄”(羽毛黄、爪黄、喙黄)而得名,是我国最著名的土鸡之一。近年

来,随着生活水平的提升,消费者对肉鸡肌肉品质要求不断提高,因此,肉质嫩滑、味道鲜美的三黄鸡越来越受到广大消费者的喜爱,带动了三黄鸡的消费量和屠宰量显著增加^[1-2]。目前,国内肉鸡屠宰的大多数工序已实现机械化和自动化,许多研究着力于改进现有生产工艺^[3-7],仅净膛等少数工序还采用人工方式。尽管国内有部分企业引进了外国自动净膛设备,但在使用中,却还需要人工辅助才能完成净膛过程^[8]。其原因,一是国内的饲养水平相对较低,所生产的肉鸡规格参差不齐,机械设备难以适应;二是国内肉鸡品种繁多,对其物理特征的研究不足,不能为设备研究开发提供基本数据的支持。国外在 20 世纪 70 年代就开始自动净膛技术和设备的研究开发,形成相关的专利,所开发设备已投入商业应用^[9-10]。国内只是近些年来才有部分单位开展了自动净膛技术和设备的研究^[11],对净膛机械手的夹取和拔取方式以及净膛机械手的技术参数进行了研究探讨^[12-13],对家禽体尺参数和屠宰特性也有部分相关的研究报道^[14-17]。不论是扒取式还是夹取式净膛,一般都需要经过割肛、开膛和取内脏 3 个步骤。在进行自动净膛时,割肛完毕后,需用开膛机从肛门孔向前划开一个适当的切口,然后机械手从肛门切口伸入腹腔将内脏拉出。为保持胴体的完整形状,工艺要求净膛切口不得超过胸骨,因此,要实现自动净膛,需要知道不同大小鸡胴体的胸骨位置并估算净膛开口尺寸。另外,与国外不同,在我国,鸡心、肝和肾都具有一定的经济价值,在用机械手净膛时,为避免机械手直接作用于这些器官而造成器官破损,需要知道心、肝、肾的相对位置来规划机械手的运动轨迹。另外,不同品种和不同屠体质量的鸡胴体,其腔体大小有一定的变化,设计的机械手应能够适应不同大小腔体的变化,为此,需要知道各个品种和大小鸡胴体的腔体尺寸。但是,国内目前对三黄鸡这些物理特征的研究基本处于空白,因此,本文利用 CT 图像技术,通过对不同规格三黄鸡物理尺寸特征的测定,探讨不同规格三黄鸡的体尺、内脏器官质量以及相对位置的变化规律,为自动净膛机械手的设计和路径规划提供基本依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料与工具

于江苏省南京市苏果超市采购 50 日龄、不同大小冰鲜三黄鸡胴体 7 只,用食品级塑料袋密封包装,在 2 ~ 4℃ 冷藏室冷藏,于试验前取出,在室温(20℃)下回温 2 h 后进行测定。

OPTIMA CT660 型 64 排螺旋 CT 机、CFC001 型电子秤(称量范围 0 ~ 5 000 g,精度 0.01 g)、移动式 X 光机、手术剪和镊子、托盘、软尺、游标卡尺等。

1.2 体尺测量

根据农业部家禽生产性能名词术语和度量统计方法^[18-19],按照文献[9]所述步骤,测定所有 7 只三黄鸡的以下体尺:体斜长为体表测量的肩关节至坐骨结节间距离;胸深为用游标卡尺在体表测量的第一胸椎到龙骨前缘距离;胸宽为用游标卡尺测量的两肩关节之间体表距离;胫长为从胫部上关节到第三、四趾间的直线距离;胫围为胫骨中部的周长。

1.3 屠宰性能测定

按照文献[20]所述方法和步骤,将鸡胴体进行解剖,用电子秤测量如下参数:全净膛质量、心脏、肝脏、脾脏、肺脏、肾脏质量及内脏总质量。

1.4 鸡胴体的 CT 图像采集

将鸡胴体侧置送入 CT 机进行扫描。利用三黄鸡内脏器官组织肉质密度差异,可以在 CT 图像上形成不同密度组织的灰度图像。经 CT 扫描,得到自上而下等分为 56 个、从右到左等分为 28 个不同切面的鸡胴体图像。CT 图像采集过程如图 1 所示。

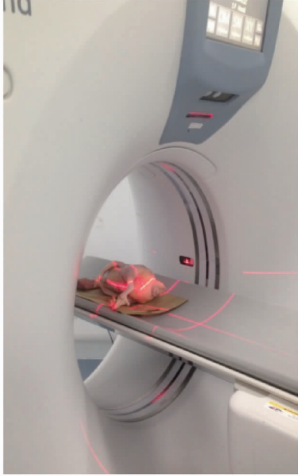


图 1 CT 图像采集
Fig.1 CT image capture

1.5 数据处理

每个测定重复 2 次,然后利用 SPSS 统计软件,对所采集数据进行求平均值、方差和显著性检验等统计分析计算。

2 结果与分析

2.1 三黄鸡的体尺随其净膛质量的变化规律

三黄鸡的体尺测量结果见表 1。由表 1 可知,所选样本的屠体质量变化范围较大(变异系数 13% 以上),说明所选样本在屠体质量上具有一定的代表性。三黄鸡的屠体质量、体斜长等均与固始鸡 ×

白羽鸡的屠体质量((1.603 ± 0.203) kg)和体斜长((21.12 ± 0.93) cm)相当,明显高于固始鸡和仙居鸡^[21]。不同屠体质量三黄鸡的体尺变化如图 2~6 所示。屠体质量、体斜长、胸深、胸宽、胫长和胫围的变异系数分别为 13.305%、7.268%、7.489%、5.770%、2.629%、12.518%。随着屠体质量的增加,三黄鸡的体斜长、胸深、胸宽、胫长和胫围均有所增大。对体尺随屠体质量的变化关系进行线性拟合,结果如表 2 所示。体斜长、胸宽与屠体质量之间存在极显著的线性关系($P < 0.01$),胫围与屠体质量之间存在显著的线性关系($P < 0.05$)。而胸深和胫长与屠体质量之间的线性关系并不显著($P > 0.05$)。这与王飞等^[21]得出的结论(霸王鸡质量与各体尺性状间均呈极显著正相关)不完全一致。这可能与鸡的品种、饲养方式等因素有关。

表 1 鸡胴体体尺统计数据

Tab. 1 Statistic data of chicken carcass size				
参数	最小值	最大值	平均值	标准差
屠体质量/kg	1.741	2.508	2.080	0.276
体斜长/cm	19.800	24.000	21.326	1.550
胸深/cm	7.010	9.010	8.317	0.628
胸宽/cm	6.980	8.240	7.513	0.434
胫长/cm	7.150	7.780	7.490	0.197
胫围/cm	3.090	4.300	3.787	0.474

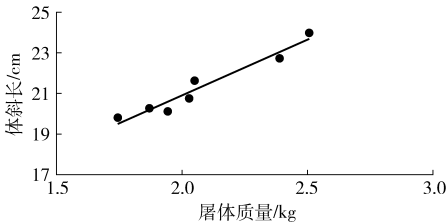


图 2 屠体质量-体斜长变化关系

Fig. 2 Relationship between carcass weight and trunk length

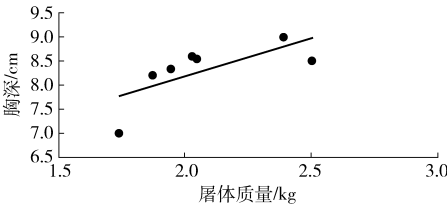


图 3 屠体质量-胸深变化关系

Fig. 3 Relationship between carcass weight and breast length

2.2 不同规格三黄鸡主要器官的物理特性

三黄鸡屠宰特性及主要器官物理特性的统计分析如表 3 所示。表 3 显示,不同屠体质量三黄鸡的主要器官质量变化不大,只有脾脏和内脏总质量有较大变化范围。其中,各主要器官质量及全净膛质量随屠体质量的变化如图 7~13 所示,由图可知,随着屠体质量的增加,全净膛质量、脾脏质量明显增

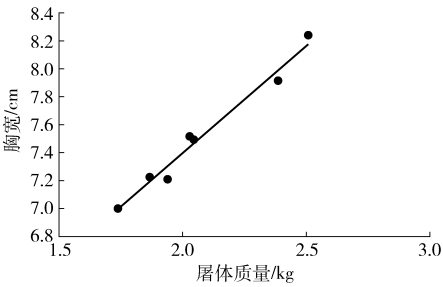


图 4 屠体质量-胸宽变化关系

Fig. 4 Relationship between carcass weight and breast breadth

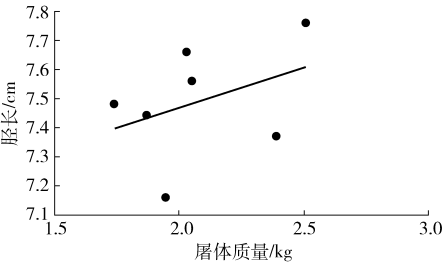


图 5 屠体质量-胫长变化关系

Fig. 5 Relationship between carcass weight and shank length

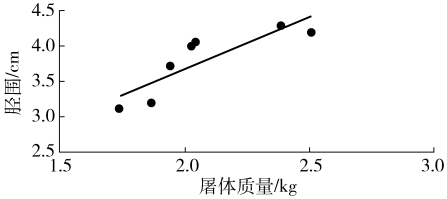


图 6 屠体质量-胫围变化关系

Fig. 6 Relationship between carcass weight and neck shank circumference

表 2 鸡胴体体尺线性回归模型

Tab. 2 Linear regression models of chicken carcass size			
因变量	线性回归方程	R	P
体斜长	$Y = 10.006 + 5.453x$	0.972	0 **
胸深	$Y = 5.007 + 1.594x$	0.707	0.076
胸宽	$Y = 4.296 + 1.550x$	0.987	0 **
胫长	$Y = 6.918 + 0.275x$	0.386	0.392
胫围	$Y = 0.739 + 1.468x$	0.855	0.014 *

注: **表示极显著($P < 0.01$); *表示显著($0.01 < P < 0.05$)。

大,心脏质量及内脏总质量先增大后减小而后又增大,而肝脏、肺脏和肾脏质量基本没有变化。对鸡胴体屠宰性能数据进行分析,如表 3 所示。屠体质量、全净膛质量、心脏质量、肝脏质量、脾脏质量、肺脏质量、肾脏质量、内脏总质量的变异系数分别为: 13.305%、8.389%、6.285%、5.139%、22.680%、5.971%、7.760%、28.433%。方差分析表明,全净膛质量、心脏质量、脾脏质量及内脏总质量与屠体质量显著正相关($0.01 < P < 0.05$),并且脾脏质量和内脏总质量与屠体质量之间存在极显著的线性关系($P < 0.01$),心脏质量与屠体质量之间则有显著的线性关系($0.01 < P < 0.05$)。

表 3 鸡胴体屠宰性能数据

Tab.3 Slaughter performance data of chicken carcass

参数	最小值	最大值	平均值	标准差
屠体质量/kg	1.741	2.508	2.080	0.276
全净膛质量/kg	1.319	1.622	1.453	0.122
心脏质量/g	8.200	9.900	9.000	0.566
肝脏质量/g	32.100	37.100	34.300	1.761
脾脏质量/g	1.400	3.300	2.100	0.486
肺脏质量/g	10.900	12.800	12.100	0.697
肾脏质量/g	10.500	13.500	12.100	0.941
内脏总质量/g	420.00	887.000	626.000	177.912

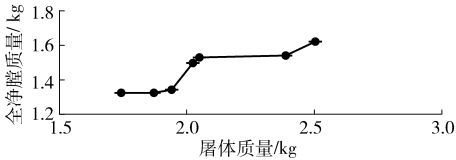


图 7 屠体质量-全净膛质量变化关系

Fig.7 Relationship between carcass weight and

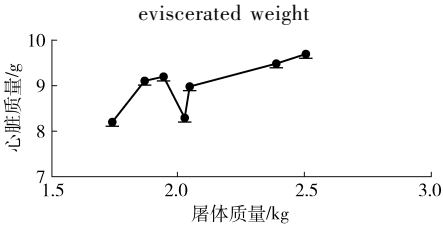


图 8 屠体质量-心脏质量变化关系

Fig.8 Relationship between carcass weight and

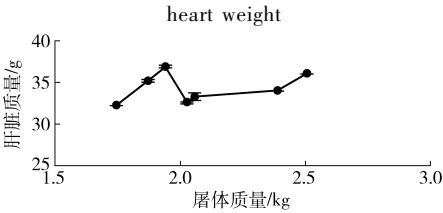


图 9 屠体质量-肝脏质量变化关系

Fig.9 Relationship between carcass weight and liver weight

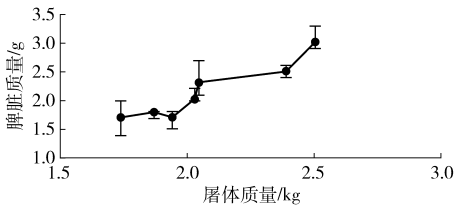


图 10 屠体质量-脾脏质量变化关系

Fig.10 Relationship between carcass weight and spleen weight

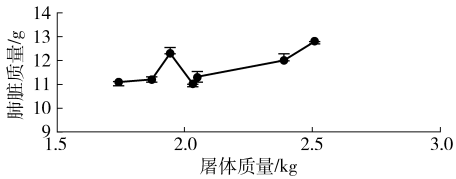


图 11 屠体质量-肺脏质量变化关系

Fig.11 Relationship between carcass weight and lung weight

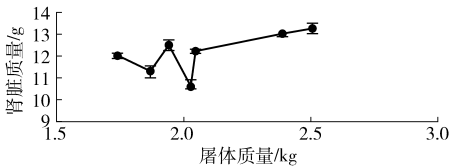


图 12 屠体质量-肾脏质量变化关系

Fig.12 Relationship between carcass weight and kidney weight

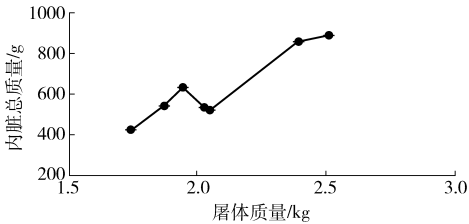


图 13 屠体质量-内脏总质量变化关系

Fig.13 Relationship between carcass weight and viscera weight

2.3 三黄鸡胴体 CT 图像分析

以屠体质量 1.741 kg 的三黄鸡为例,其横纵切面 CT 示意图和全部横纵剖面 CT 图如图 14 所示。每个样本有 50 个横切和 28 个纵切剖面图像,由标定可知,相邻 2 个横切剖面图像间隔 0.400 2 cm,相邻 2 个纵切剖面图像间隔 0.257 5 cm。因此,通过观察 CT 图以及各个器官对应的 CT 图像编号,可以清晰地看出并确定鸡胴体各个器官的相对位置,这为净膛机械手的路径规划和位移设计提供了参考依据。由于三黄鸡骨骼密度明显高于其它器官和组织,其成像特征明显。因此,利用 CT 设备的三维重建功能,可重建出三黄鸡骨骼三维图像,如图 15 所示。图 15 直观地呈现三黄鸡的骨骼分布情况,由此可以引导净膛机械手在进行净膛切口时,避开骨骼的影响,并根据胸骨的位置,确定切口的位置和切口长度。

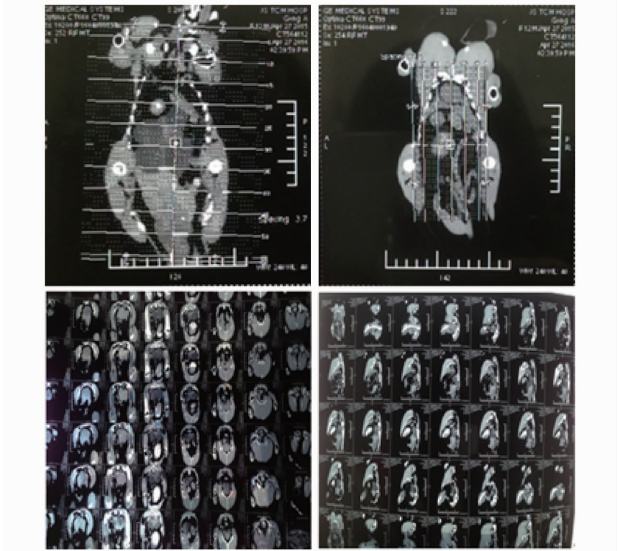


图 14 三黄鸡剖面 CT 示意图

Fig.14 CT images of Sanhuang chicken

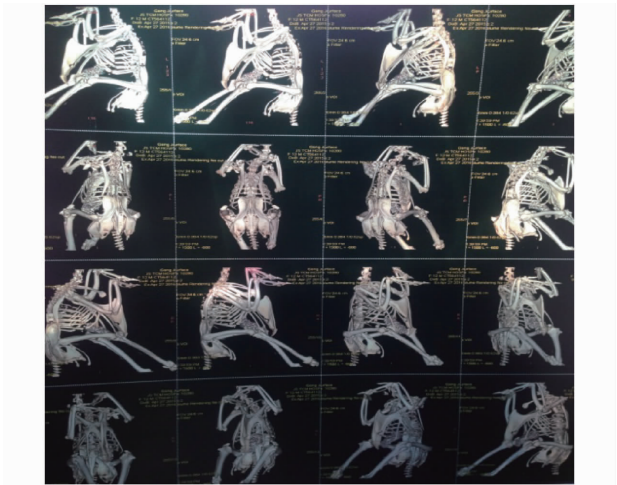


图 15 三黄鸡骨骼三维重建 CT 图片

Fig. 15 CT images of skeleton of Sanhuang chicken

为进一步确定三黄鸡主要内脏器官的相对位置、三黄鸡腔体的大小以及净膛切口的大小,为净膛机械手摘取主要器官和净膛机械手的设计提供依据,对三黄鸡的 CT 图像分析如下:

肌胃:分析图 16 可知,Lm29 靠近腹部方向的横切面阴影区为三黄鸡的肌胃,该图是横切面中肌胃面积最大的切面图。结合图 14,可以确定肌胃位于内脏腔体中段靠近腹部位置。

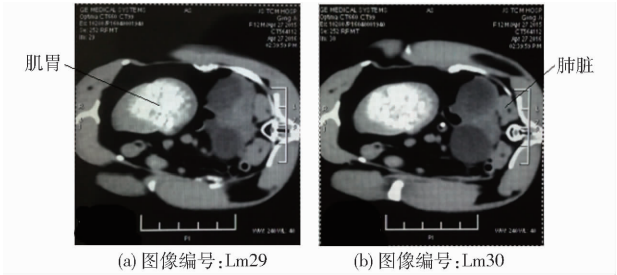


图 16 CT 横切面放大图(图像编号:Lm29 和 Lm30)

Fig. 16 Enlarged CT images of Lm29 and Lm30

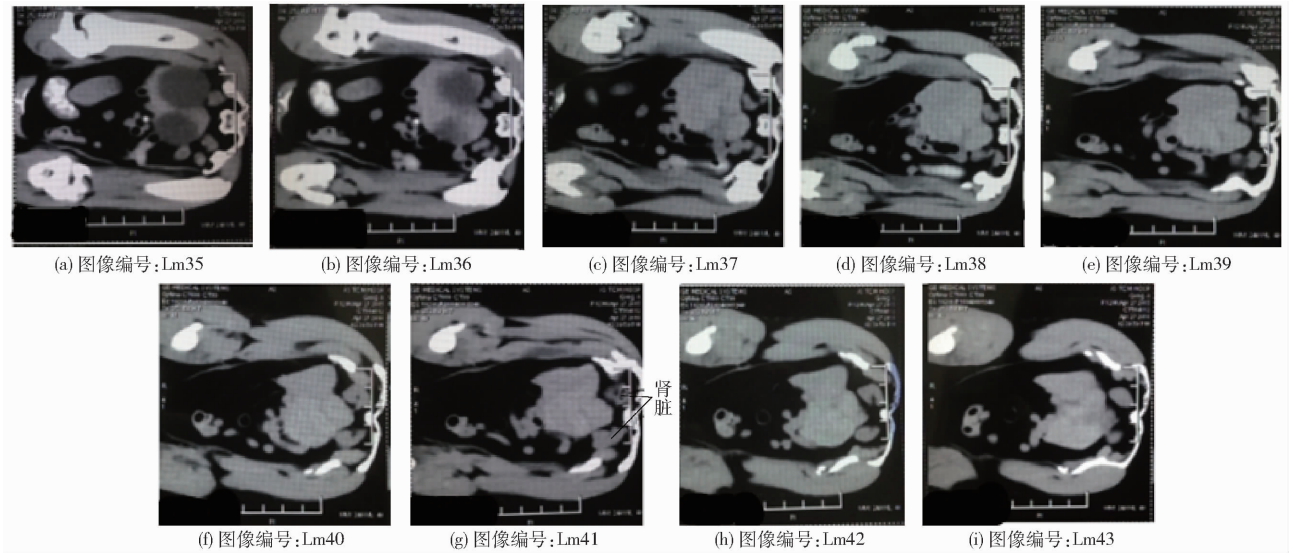


图 18 CT 横切面放大图(图像编号:Lm35 ~ Lm43)

Fig. 18 Enlarged CT images of Lm35 to Lm43

肺脏:图像 Lm30 中,靠近三黄鸡背部对称的两侧,肺脏横切面阴影最明显,横切面中切面面积最大;而在图 14 中,肺脏在 Lm11 和 Lm19 中纵切面面积最大。将图 17 与图 14 结合起来分析,可以确定肺脏位于内脏腔体上段靠近肋骨两侧位置。

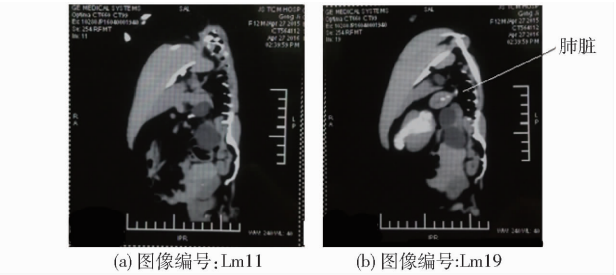


图 17 CT 纵切面放大图(图像编号:Lm11 和 Lm19)

Fig. 17 Enlarged CT images of Lm11 and Lm19

肾脏:在图 18 中 Lm35 ~ Lm43 靠近肉鸡背部的两侧阴影是肾脏所形成的区域,它在图 14 Lm11 和 Lm19 中是从侧视角度肾脏面积最大的横切面图像。

输卵管:在图 19 中,Lm35、Lm47 和 Lm55 中部较大区域切面阴影为肉鸡的输卵管。三黄鸡的输卵管是占内脏总体积较大的器官,由横切面 CT 图可以估算出输卵管自上而下长约为 8.044 cm。

腔体:图 14 中的 Lm13 为三黄鸡内腔上方起始位置,Lm50 为下方内腔终止位置;图 14 中,Lm0 为三黄鸡内腔右侧起始位置,Lm28 为左侧内腔终止位置。由此可计算出内脏腔体长度和宽度的最大值分别为 14.880 cm 和 7.210 cm。

净膛开口:结合分析图 14 和图 15 可知,三黄鸡的胸骨到图 Lm38 位置完全消失,说明从 Lm39 以后的图像腹部没有骨骼支撑,净膛开口的最大位置不得超过胸骨。由此可计算出最大净膛开口尺寸为 4.022 cm。

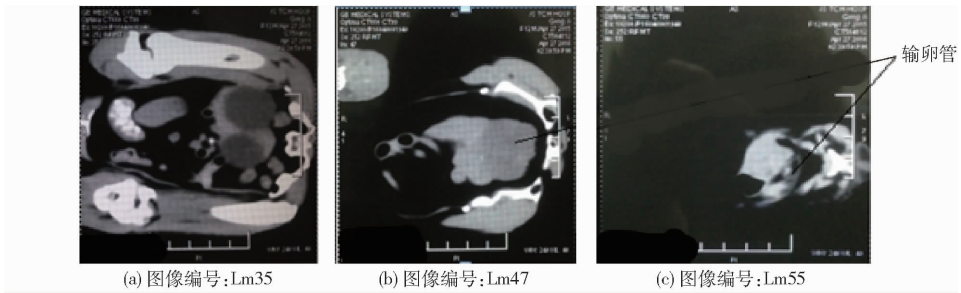


图 19 CT 横切面放大图(图像编号:Lm35、Lm47、Lm55)

Fig. 19 Enlarged CT images from top to bottom of Lm35, Lm47 and Lm55

对其他 6 个样本的 CT 图像进行主要器官相对位置的分析,可以得出类似的结论。对 7 个不同屠体质量三黄鸡进行统计计算,内脏腔体长度为 (15.560 ± 0.540) cm、最大宽度为 (7.722 ± 0.253) cm、最大净膛开口尺寸为 (4.783 ± 0.467) cm。

3 结论

(1)不同屠体质量的三黄鸡,其体尺有明显的不同。随着屠体质量的增加,其主要体尺参数均会随之增大,并且体斜长、胸宽和胫围与屠体质量之间

存在极显著的线性关系。

(2)不同屠体质量三黄鸡的主要器官,如心脏、肝脏、肺脏和肾脏的质量没有明显变化,只有脾脏质量及内脏总质量随着屠体质量的增加显著地线性增大。

(3)通过 CT 图像可以确定鸡胴体主要器官的相对位置,为机械手摘取或避免损伤心、肝和肾等有用器官提供目标指引;也可以确定鸡胴体腔体尺寸和净膛切口的最大尺寸,为自动净膛装置的设计提供基本数据。

参 考 文 献

1 陈琼,吕新业,王济民. 我国禽肉消费及影响因素分析[J]. 农业技术经济,2012, 31(5):20-28.

2 夏晓平,隋艳颖,李秉龙. 我国城镇居民畜产品消费问题分析——基于收入差距与粮食安全视角[J]. 晋阳学刊,2011(2): 41-45.

XIA Xiaoping, SUI Yanying, LI Binglong. An analysis of consumption of animal products by urban residents in China—based on the perspective of income disparities and food security [J]. Academic Journal of Jinyang, 2011(2): 41-45. (in Chinese)

3 陈坤杰,杨凯,康睿,等. 基于机器视觉的鸡胴体表面污染物在线检测技术[J/OL]. 农业机械学报, 2015, 46(9):228-232. http://www.j-csam.org/ch/reader/view_abstract.aspx?file_no=20150933&flag=1. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2015.09.033.

CHEN Kunjie, YANG Kai, KANG Rui, et al. Online detection technology for contaminants on chicken carcass surface based on machine vision [J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2015, 46(9):228-232. (in Chinese)

4 孙啸,刘浩鲁,陈彩蓉,等. 基于特征参量的肉鸡木质肉在线检测方法[J/OL]. 农业机械学报,2017,48(6):284-289. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?flag=1&file_no=20170637&journal_id=jcsam. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2017.06.037.

SUN Xiao, LIU Haolu, CHEN Cairong, et al. On-line detection method of raw woody breast based on characteristic parameter[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2017, 48(6):284-289. (in Chinese)

5 赵进辉,涂冬成,欧阳静怡,等. 利用高光谱图像技术检测鸡胴体内部盲肠粪便污染物[J]. 江西农业大学学报,2011, 33(3): 573-577.

ZHAO Jinhui, TU Dongcheng, OUYANG Jingyi, et al. Detection of internal fecal contaminants of chicken carcasses using hyperspectral imaging technology[J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis,2011,33(3): 573-577. (in Chinese)

6 赵进辉,吁芳,吴瑞梅,等. 基于分段主成分分析与波段比的鸡胴体表面盲肠粪便污染物检测[J]. 激光与光电子学进展, 2011,48(7): 166-170.

ZHAO Jinhui, YU Fang, WU Ruimei, et al. Detection of fecal contaminants on chicken carcasses using segmented principal component analysis and band ratio algorithm[J]. Laser & Optoelectronics Progress,2011,48(7): 166-170. (in Chinese)

7 吴威,陈桂云,叶长文,等. 鸡胴体表面低可见污染物的双波段检测方法研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2014, 34(12):3363-3367.

WU Wei, CHEN Guiyun, YE Changwen, et al. A dual-band algorithm to detect contaminants with low visibility on chicken carcass surface [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2014, 34(12):3363-3367. (in Chinese)

8 马朋娟,王丽红,叶金鹏,等. 家禽自动取内脏技术及装备在我国的应用前景[J]. 农产品加工(学刊),2009,5(10):93-96.

MA Pengwei, WANG Lihong, YE Jinpeng, et al. The domestic application prospects of automatic evisceration technology and equipment of slaughtered poultry[J]. Academic Periodical of Farm Products Processing,2009,5(10):93-96. (in Chinese)

9 HAZENBROEK J E. Ploultry eviscerating apparatus;US,3979793[P]. 1976-03-14.

10 TIELEMAN R J. Poultry eviscerating tool:US,4436878[P]. 1984-03-13.

11 王猛,李阳阳,叶金鹏,等.家禽自动掏膛机械手的发展和应用现状[J].农产品加工(学刊),2014,10(5):62-64.
WANG Meng, LI Yangyang, YE Jinpeng, et al. Development and application of the poultry eviscerating manipulator [J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2014,10(5):62-64. (in Chinese)

12 王猛.夹取式家禽自动掏膛机械手结构和运动参数的研究[D].北京:中国农业机械化科学研究院,2014.
WANG Meng. Study on structure and trajectory parameters of the grippable automatic evisceration manipulator for poultry [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Mechanization Sciences, 2014. (in Chinese)

13 马朋巍.扒取式家禽取内脏机械手结构及运动参数研究[D].北京:中国农业机械化科学研究院,2010.
MA Pengwei. Study on structure and trajectory parameters of device for removing viscera from slaughtered poultry [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Mechanization Sciences,2010. (in Chinese)

14 吴婵,李辉,李敬瑞,等.贵妃鸡体尺及屠宰性状的测定与相关分析[J].河南农业科学,2011,40(11):148-151.
WU Chan, LI Hui, LI Jingrui, et al. Measurement and analysis of body size and carcass character of royal chickens [J]. Journal of Henan Agricultural Sciences,2011,40(11):148-151. (in Chinese)

15 冯筠凌,傅笠洪,冯炳志,等.“祥福鸟”野山鸡的体尺测定报告[J].四川畜牧兽医,2015(8):29-30.
FENG Junling, FU Lihong, FENG Bingzhi, et al. Body size measurement of “lucky bird” wild pheasant [J]. Sichuan Animal & Veterinary Sciences, 2015(8):29-30. (in Chinese)

16 丁建华,刘玉杰.AA肉鸡生长期主要内脏器官与活重的回归分析[J].当代畜牧,2006(10):1-3.

17 李威娜,黄晓娟,钟福生,等.山地放养五华三黄鸡的屠宰性能、肉质性能及血液生化指标测定[J].广东农业科学,2013(4):104-107.
LI Weina, HUANG Xiaojuan, ZHONG Fusheng, et al. Determination of slaughter performance, meat quality and biochemical values in blood for Wuhua Three-Yellow Chickens raised in the mountain [J]. Guangdong Agricultural Sciences,2013(4):104-107. (in Chinese)

18 NY/T 823—2004 家禽生产性能名词术语和度量统计方法[S].2004.

19 于匆.禽病知识讲座之六:鸡尸体解剖及组织、内脏的病理变化(一)[J].养殖技术顾问,2002(9):39.

20 童海兵,王克华,陆俊贤,等.鸡种、日粮能量和日粮蛋白质对体尺性状的影响[J].中国家禽,2004,8(1):96-99.
TONG Haibing, WANG Kehua, LU Junxian, et al. Effects of breed and feed levels on the stature of chicken[J]. China Poultry, 2004,8(1):96-99. (in Chinese)

21 王飞,李笑春,吴科榜.霸王鸡生长曲线拟合及体重与体尺的相关性分析[J].南方农业学报,2014,45(5):870-874.
WANG Fei, LI Xiaochun, WU Kebang. Fitting of growth curve and correlation analysis on body weight and body size of Bawang chicken [J]. Journal of Southern Agriculture, 2014,45(5):870-874. (in Chinese)

(上接第 331 页)

17 BOWKER B, ZHUANG H. Relationship between water-holding capacity and protein denaturation in broiler breast meat[J]. Poultry Science, 2015, 94(7): 1657-1664.

18 KRISTENSEN L, PURSLOW P P. The effect of ageing on the water-holding capacity of pork: role of cytoskeletal proteins[J]. Meat Science, 2001, 58(1): 17-23.

19 葛长荣,马美湖.肉与肉制品工艺学[M].北京:中国轻工业出版社,2009:39.

20 WU W, FU Y, THERKILDSEN M, et al. Molecular understanding of meat quality through application of proteomics[J]. Food Reviews International, 2015, 31(1): 13-28.

21 DICK F M, WIEL V D, ZHANG W L. Identification of pork quality parameters by proteomics[J]. Meat Science, 2007, 51(1): 46-54.

22 查磊.蛋白质分子中 RNA 结合位点的分析和预测[D].北京:中国人民解放军军事医学科学院,2012.

23 SHEN L, LEI H, ZHANG S, et al. Comparison of energy metabolism and meat quality among three pig breeds[J]. Animal Science Journal, 2014, 85(7): 770-779.

24 ANDERSON M J, LONERGAN S M, HUFF-LONERGAN E. Myosin light chain 1 release from myofibrillar fraction during postmortem aging is a potential indicator of proteolysis and tenderness of beef[J]. Meat Science, 2012, 90(2): 345-351.

25 ZHANG W G, LONERGAN S M, GARDNER M A, et al. Contribution of postmortem changes of integrin, desmin and μ -calpain to variation in water holding capacity of pork[J]. Meat Science, 2006, 74(3): 578-585.

26 FOUCAULT G, VACHER M, CRIBIER S, et al. Interactions between beta-enolase and creatine kinase in the cytosol of skeletal muscle cells[J]. Biochemical Journal, 2000, 346: 127-131.

27 FRIEDBERG I. Automated protein function prediction—the genomic challenge[J]. Briefings in Bioinformatics, 2006, 7(3): 225-242.

28 焦仁杰.细胞核骨架—核纤层—中间纤维体系的研究[J].自然科学进展:国家重点实验室通讯,1996,6(1):34-38.